

112年專門職業及技術人員高等考試建築師、
25類科技師（含第二次食品技師）、大地工程
技師考試分階段考試（第二階段考試）
暨普通考試不動產經紀人、記帳士考試試題

等 別：高等考試
類 科：冷凍空調工程技師
科 目：冷凍工程與設計
考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、真空乾燥大量應用於各產業，以咖啡渣乾燥為例，假設有 1000 kg 的咖啡渣，咖啡渣含水率（重量比）為 60%，初始溫度為 25°C，乾燥溫度設計在 48°C，乾燥時間為 10 小時。假設乾燥後的咖啡渣含水率為 0%，製程中的水（水汽）利用冷凝器（Cold Trap）可以進行完全回收，冷凝水溫度為 20°C。採用電加熱器進行加熱，電加熱效率為 95%，系統為理想狀態無熱損失，咖啡渣固體物比熱為 1.66 kJ/kg·K，水比熱為 4.18 kJ/kg·K，水汽化熱為 2260 kJ/kg。請參考附表一回答下列問題：

(一)請繪出真空乾燥的詳細系統圖，並詳述原理與過程。(7 分)

(二)製程所需真空壓力（絕對壓力）為何？(kPa) (6 分)

(三)理論上電加熱器所提供的總乾燥熱能為何？(kJ) (6 分)

(四)理論上冷凝器（Cold Trap）需要的冷凍能力為何？(kcal/hr) (6 分)

附表一 水的液體與飽和蒸汽性質表（此表溫度的單位是°C，壓力的單位是 Torr）

| 溫度 | 飽和壓力 | 溫度 | 飽和壓力 | 溫度 | 飽和壓力 |
|----|--------|----|--------|----|--------|
| 10 | 9.2122 | 30 | 31.855 | 50 | 92.647 |
| 15 | 12.794 | 35 | 42.221 | 55 | 118.23 |
| 20 | 17.546 | 40 | 55.392 | 60 | 149.61 |
| 25 | 23.776 | 45 | 71.968 | 65 | 187.83 |

二、請詳述下列有關冷媒的相關知識：

- (一)請寫出氯氟碳化合物(簡稱 CFCs)的英文全名,並做名詞解釋。(4分)
- (二)請寫出臭氧層破壞潛能(簡稱 ODP)的英文全名,並做名詞解釋。(4分)
- (三)請分別寫出自然冷媒 R-717, R-744, R-290, R-600a 的化學式及全球溫暖化潛能(Global Warming Potential, GWP)值。(16分)

三、自動覆疊式(Auto Cascade)冷凍系統使用單一壓縮機及兩種混和冷媒,在冷凝溫度 37°C 時,蒸發溫度可達到 -60°C 。請回答下列問題：

- (一)該系統可以使用那兩種冷媒進行混和。(4分)
- (二)請詳細繪製此系統的冷凍循環流程圖(包含元件名稱及管路流程)。(6分)
- (三)請依據(二)的冷凍循環流程圖詳述自動覆疊式(Auto Cascade)冷凍系統的運作原理及流程。(7分)
- (四)請依據(二)的冷凍循環流程圖繪製該系統的冷媒循環壓力-焓(p-h diagram)示意圖。(8分)

- 四、一個低溫冷凍系統，使用 R404A 冷媒，蒸發溫度（Evaporation Temperature）為 -33°C ，冷凝溫度（Condensation Temperature）為 37°C ，蒸發器過熱度（Superheating Degree）為 5°C ，冷凝器過冷度（Subcooling Degree）為 5°C 。請參考附表二，且在已知壓力-焓值上，可得到四個循環點 $h_1 = 350 \text{ kJ/kg}$ ， $h_2 = 400 \text{ kJ/kg}$ ， $h_3 = 246 \text{ kJ/kg}$ ， $h_4 = 246 \text{ kJ/kg}$ 狀況下，回答下列問題：（假設管路沒有壓損，壓縮機與管路均無熱傳發生）
- (一)請計算壓縮比。(3分)
 - (二)請計算單位質量所需冷凍功。(kJ/kg) (3分)
 - (三)請計算所需要的單位質量所需壓縮功。(kJ/kg) (3分)
 - (四)請計算冷凝器所需要的單位質量所需排熱量。(kJ/kg) (3分)
 - (五)請計算每冷凍噸的冷媒循環量。(kg/hr) (4分)
 - (六)請計算 COP (Coefficient of Performance) 值。(5分)
 - (七)請計算每耗功 1kW 可以得到的冷凍能力 (RT)。(5分)

附表二 R404A 冷媒飽和性質表 (Saturated Properties Table of R404A Refrigerant)

| Temperature (K) | Liquid Pressure (bar) | Vapor Pressure (bar) | Liquid Density (kg/m ³) | Vapor Density (kg/m ³) | Liquid Enthalpy (kJ/kg) | Vapor Enthalpy (kJ/kg) | Liquid Entropy (kJ/kg-K) | Vapor Entropy (kJ/kg-K) |
|--------------------|-----------------------------|----------------------------|---|--|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 210 | 0.41658 | 0.39592 | 1357.4 | 2.2714 | 118.31 | 329.41 | 0.66266 | 1.6707 |
| 215 | 0.55101 | 0.52629 | 1342.5 | 2.965 | 124.46 | 332.47 | 0.69155 | 1.6616 |
| 220 | 0.71804 | 0.68883 | 1327.4 | 3.8158 | 130.64 | 335.53 | 0.71994 | 1.6534 |
| 225 | 0.92293 | 0.88879 | 1312.2 | 4.8477 | 136.87 | 338.57 | 0.74787 | 1.6463 |
| 230 | 1.1713 | 1.1318 | 1296.8 | 6.0865 | 143.15 | 341.59 | 0.77537 | 1.6399 |
| 235 | 1.4693 | 1.424 | 1281.1 | 7.5606 | 149.48 | 344.59 | 0.80249 | 1.6343 |
| 240 | 1.8232 | 1.7718 | 1265.2 | 9.3009 | 155.86 | 347.55 | 0.82926 | 1.6294 |
| 245 | 2.2397 | 2.1817 | 1249 | 11.341 | 162.31 | 350.48 | 0.8557 | 1.625 |
| 250 | 2.7258 | 2.661 | 1232.4 | 13.718 | 168.82 | 353.36 | 0.88186 | 1.6212 |
| 255 | 3.2888 | 3.2169 | 1215.5 | 16.474 | 175.4 | 356.18 | 0.90775 | 1.6177 |
| 260 | 3.9363 | 3.8571 | 1198.1 | 19.655 | 182.07 | 358.94 | 0.93341 | 1.6146 |
| 265 | 4.6763 | 4.5896 | 1180.3 | 23.313 | 188.81 | 361.63 | 0.95886 | 1.6118 |
| 270 | 5.5168 | 5.4225 | 1161.9 | 27.507 | 195.64 | 364.23 | 0.98415 | 1.6093 |
| 275 | 6.4664 | 6.3645 | 1142.9 | 32.309 | 202.58 | 366.73 | 1.0093 | 1.6069 |
| 280 | 7.5338 | 7.4245 | 1123.2 | 37.797 | 209.62 | 369.12 | 1.0343 | 1.6046 |
| 285 | 8.728 | 8.6115 | 1102.7 | 44.07 | 216.78 | 371.39 | 1.0593 | 1.6023 |
| 290 | 10.059 | 9.9353 | 1081.3 | 51.243 | 224.07 | 373.5 | 1.0842 | 1.6 |
| 295 | 11.536 | 11.406 | 1058.8 | 59.462 | 231.51 | 375.44 | 1.1092 | 1.5975 |
| 300 | 13.169 | 13.034 | 1035.1 | 68.907 | 239.12 | 377.18 | 1.1343 | 1.5948 |
| 305 | 14.97 | 14.83 | 1009.8 | 79.813 | 246.93 | 378.68 | 1.1595 | 1.5918 |
| 310 | 16.95 | 16.806 | 982.78 | 92.49 | 254.96 | 379.88 | 1.1849 | 1.5882 |
| 315 | 19.122 | 18.975 | 953.45 | 107.37 | 263.26 | 380.72 | 1.2108 | 1.5839 |
| 320 | 21.499 | 21.351 | 921.23 | 125.08 | 271.9 | 381.09 | 1.2372 | 1.5786 |
| 325 | 24.096 | 23.95 | 885.15 | 146.59 | 280.96 | 380.86 | 1.2644 | 1.5719 |
| 330 | 26.932 | 26.789 | 843.6 | 173.55 | 290.62 | 379.75 | 1.2929 | 1.5631 |
| 335 | 30.027 | 29.893 | 793.37 | 209.25 | 301.18 | 377.28 | 1.3235 | 1.5508 |
| 340 | 33.414 | 33.299 | 725.8 | 262.38 | 313.48 | 372.15 | 1.3586 | 1.5313 |